

S 2130

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 506 400**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 09931**

(54) Procédé et installation de transfert par pompe d'un liquide cryogénique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). F 04 D 29/66.

(22) Date de dépôt..... 19 mai 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 47 du 26-11-1982.

(71) Déposant : Société dite : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOI-  
TATION DES PROCÉDES GEORGES CLAUDE, résidant en France.

(72) Invention de : Maurice Bruni et Stéphane Galach.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire :

D

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

Le transfert par pompe de liquide cryogénique implique que le liquide cryogénique soit, à l'aspiration de la pompe, qui a été préalablement refroidie à la température de ce liquide, à une pression quelque peu supérieure à la tension de vapeur du liquide, sinon il se produit dans le corps de pompe, des phénomènes de vaporisation ayant comme conséquence une usure prématurée par cavitation, qui peut même conduire à la destruction d'organes essentiels de la pompe. Cette différence entre la pression effective et la tension de vapeur de liquide à l'aspiration de la pompe est une caractéristique intrinsèque de la pompe et est appelée la "hauteur pratique de charge absolue", mais on emploie de façon plus usuelle l'abréviation anglo-saxonne NPSH ("net positive suction head") et c'est cette dernière expression que l'on utilise dans ce qui suit. En d'autres termes, il faut que le NPSH<sub>(L)</sub> du liquide parvenant à l'aspiration de la pompe soit toujours supérieur au NPSH<sub>(p)</sub>, caractéristique constructive de la pompe. En fait, cette pression excédentaire du liquide cryogénique par rapport à sa tension de vapeur correspond pour chaque tension de vapeur à un sous-refroidissement du liquide par rapport à sa température d'équilibre pour ladite tension de vapeur, de sorte qu'on exprime aussi la valeur du NPSH en degrés centigrades.

On a déjà proposé de procéder à diverses mesures soit de pression, soit de température du liquide, à l'entrée de la pompe, mais celles-ci ne permettent en aucun cas de déterminer le NPSH<sub>(L)</sub> du liquide à l'aspiration, puisqu'on ne connaît pas alors sa tension de vapeur, ou sa température d'équilibre, qui dépend de divers autres facteurs qu'on examinera plus loin. Ce sont ces raisons qui font que, jusqu'à maintenant, on s'est contenté de procé-

der au transfert de liquide cryogénique par voie manuelle en se fiant entièrement à l'initiative et à l'expérience d'un opérateur, ce qui, en général, conduit, pour des raisons de sécurité opérationnelle, à accroître le temps de mise en froid de la pompe (d'où perte de temps et de liquide cryogénique) et à faire monter la pression de stockage de façon à dépasser largement la pression excédentaire requise (d'où pertes thermiques et de fluide de mise en pression), à défaut de quoi on risque une détérioration peut être irréversible de la pompe. On a bien proposé de procéder par voie automatique en mettant en oeuvre des horloges et des pressostats, qui tentent de palier, de façon tout à fait empirique et jusqu'à maintenant inefficace, l'incapacité où l'on se trouve de déterminer le  $NPSH_{(L)}$ .

15 L'objet de l'invention est de résoudre le problème toujours actuel et sans cesse posé du transfert par pompe de liquide cryogénique d'un réservoir de stockage incorporant une phase liquide en présence d'une phase vapeur sous pression, selon lequel on transfère un courant dudit liquide prélevé en cuve dudit réservoir par pompe cryogénique refoulant dans une canalisation de distribution, avec renvoi dans ladite phase vapeur de réservoir des évaporations produites au cours de la mise en froid et/ou du transfert, avec, si besoin est, accroissement artificiel de la pression de la phase vapeur par introduction régulée d'un gaz, et où une mise en froid des moyens de transfert et de la pompe est assurée par envoi de liquide cryogénique prélevé du réservoir vers la pompe à l'état inopérant. La solution de ce problème a été imaginée lorsqu'on a considéré les nombreux facteurs qui déterminent la valeur du  $NPSH_{(L)}$  du liquide à l'entrée de la pompe, et dont les principaux sont :

35 - la dénivellation entre le niveau de liquide dans le réservoir et le niveau à l'aspiration de la pompe, le  $NPSH_{(L)}$  étant d'autant plus important que cette dénivel-



- sonde thermométrique en bas d'un boîtier à clapet de re-  
constitution d'un état d'équilibre liquide-vapeur à par-  
tir de liquide prélevé dudit réservoir ;
- 5 b) On aménage des structures d'écoulement de liquide cryo-  
génique vers les dites sondes assurant une différentia-  
tion des vitesses de refroidissement à l'endroit des-di-  
tes sondes ;
- 10 c) On détecte la fin de mise en froid par l'égalité subs-  
tantielle des températures du liquide cryogénique des  
dites première et seconde sondes ;
- 15 d) On provoque une mise en opération de ladite pompe, et  
l'on maintient ladite opération seulement si une diffé-  
rence apparaît, après un bref laps de temps, entre les  
températures des première et seconde sondes, qui est su-  
périeure à la "hauteur pratique de charge absolue" (ou  
NPSH) de ladite pompe, sinon on provoque l'arrêt de la-  
dite pompe ;
- 20 e) On surveille en permanence la bonne opération de la pom-  
pe par la valeur de l'écart entre les températures des-  
dites première et seconde sondes, que l'on maintient le  
cas échéant au-dessus de ladite "hauteur pratique de  
charge absolue" (ou NPSH) de la pompe par des accroisse-  
ments artificiels de la pression de ladite phase gazeuse.

Les caractéristiques et avantages de l'invention  
25 ressortiront d'ailleurs de la description qui suit en référé-  
nce aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'une installation  
de pompage selon l'invention ;
- la figure 2 est un diagramme explicatif pression -(ordon-  
30 née)- température (abscisse).

En se référant d'abord à la figure 1, une instal-  
lation de pompage d'un liquide cryogénique comprend, au  
voisinage d'un réservoir 1, une pompe pour liquide cryogé-  
nique 2 raccordée, côté aspiration 3, par une canalisation  
35 4 à vanne 5 à un embout de soutirage 6 ménagé au fond du

réservoir 1 et, côté refoulement 7 à une canalisation de distribution 8 à capacité anti-pulsatoire 9 et clapet anti retour 10.

Une telle pompe pour liquide cryogénique 2 est associée à des moyens de dégazage. Dans le cas particulier décrit au dessin, où il s'agit d'une pompe centrifuge de fort débit, donc à forte inertie thermique et à dégagement thermique non négligeable en cours de fonctionnement, on a prévu simplement de réaliser un tronçon terminal 4a de la canalisation d'aspiration 4, qui est de longueur la plus faible possible et qui aboutit à l'aspiration 3 de la pompe 2, avec une légère pente descendante vers l'aval, alors que le tronçon restant 4b de la canalisation 4 qui aboutit au réservoir 1 est horizontal, ou bien avec une pente descendante vers l'amont. On a ainsi créé, à la jonction des tronçons 4a et 4b, un point "haut" 12 au regard du circuit basse pression de pompage incorporant la canalisation 4 et une partie du corps de pompe 2, qui exclut la partie haute pression. A ce point "haut" 12, on a branché une conduite de dégazage 13 à vanne 14 raccordée à une zone haute 15 du réservoir 1. De façon classique, également, on a prévu, le cas échéant, un circuit de mise en pression rapide comprenant une conduite de soutirage 16, incorporant un serpentín réchauffeur 17 et une vanne 18, et raccordée, à une extrémité, à un embout de soutirage 19 ménagé dans le réservoir 1 et, à l'autre extrémité, à la zone haute 15 du réservoir 1.

Pour la mise en oeuvre de l'invention, on a adjoint à l'installation qui vient d'être décrite deux moyens de mesure :

- Le premier moyen de mesure consiste simplement en une première sonde thermométrique 21 placée au voisinage immédiat, mais côté amont, ou aspiration 3, de la pompe 2.
- Le second moyen de mesure consiste en une seconde sonde

thermométrique 22 placée en un point bas d'un clapet 23 à flotteur 24 et pointeau 25 coopérant à fermeture avec un orifice de décharge "haut" 26, le clapet 23 étant  
5 branché côté bas, par une conduite de prélèvement liquide de faible hauteur 27 à siphon 28, en un point 29 voisin de l'aspiration 3 de la pompe 2 et, côté haut, à une conduite d'échappement gazeux 30, débouchant dans l'endroit de l'orifice 26 à conduite de dégazage 13 en aval de la vanne 14.

10 On voit que la sonde thermométrique 21 mesure la température instantanée du liquide cryogénique parvenant à l'aspiration 3 de la pompe 2, alors que la sonde thermométrique 22 mesure, au niveau du clapet 23 (où grâce au flotteur 24 à pointeau 25, on crée en fin de la mise en froid  
15 artificiellement un état d'équilibre entre liquide et vapeur) la température d'équilibre du liquide cryogénique parvenant à l'aspiration 3 de la pompe 2, avec sa vapeur, sous une pression seulement à peine inférieure à celle du liquide parvenant à l'aspiration.

20 En se référant également à la figure 2, on rappelle maintenant le processus opératoire qu'il convient de suivre, et on détaillera plus loin les moyens de régulation qui permettent de la réaliser.

La mise en froid de l'installation de pompage  
25 initialement à la température ambiante se fait, la pompe 2 étant inactive, en ouvrant à la fois la vanne liquide 5 et la vanne de dégazage 14. Du liquide cryogénique prélevé de la phase liquide (L) du réservoir 1 circule par gravité vers la pompe 2 et y parvient en provoquant, surtout au  
30 début de l'opération, un dégazage important dû à une ébullition intense, qui dépend essentiellement des masses thermiques à porter à basse température et qui comprennent essentiellement la canalisation 4 et la pompe 2.

La vapeur ainsi produite sous forme de bulles  
35 s'écoule vers la conduite de dégazage 13 et de là

dans le réservoir 1, où elle rejoint la fraction vapeur (V) du réservoir 1. Les températures  $T_1$  de la sonde 21 et  $T_2$  de la sonde 22 chutent, mais avec des vitesses qui sont délibérément différenciées. Ainsi, on comprend que dans la  
5 réalisation décrite, la température  $T_1$  mesurée par la sonde 21 chute nettement plus rapidement que la température  $T_2$ , car cette dernière est située - du point de vue thermique - en bout d'une conduite de prélèvement liquide, qui  
10 n'est pratiquement alimentée en liquide que lorsque l'essentiel de la phase de mise en froid est opérée, et la température au niveau bas du clapet 23 chute de façon décisive seulement lorsqu'un niveau liquide stable s'établit dans ce clapet 23. A ce moment, l'ensemble du dispositif de pompage est mis en froid et le dégazage se trouve consi-  
15 dérablement réduit, mais persiste quelque peu pour simplement compenser le flux thermique externe intercepté par la pompe et ses conduits d'alimentation et de refoulement.

Cette situation d'équilibre est détectée par le fait que la température d'équilibre liquide-vapeur  $T_{(2)}$   
20 mesurée par la sonde 22 a pris une valeur  $T_2 (0)$  qui est substantiellement égale à la valeur  $T_1 (0)$  mesurée par la sonde 21, puisque le liquide cryogénique dans la canalisation 4 est également en ébullition, donc pratiquement en équilibre thermique, avec sa vapeur. Les deux valeurs, no-  
25 tées sur le diagramme de la figure 2, sont très légèrement différentes, du fait de la faible dénivellation " $\Delta h$ " entre les sondes 22 et 21. Il y a lieu de noter que ces valeurs  $T_1 (0)$  et  $T_2 (0)$  sont supérieures à la valeur  $T_0$  de la température du liquide cryogénique au voisinage de l'inter-  
30 face (N) entre la phase liquide (L) et la phase vapeur (V) dans le réservoir 1. La différence que l'on peut constater entre cette valeur  $T_0$  et  $T_1 (0)$  d'une part,  $T_0$  et  $T_2 (0)$  d'autre part, résulte de la dénivellation entre le niveau (N) et la sonde 21 ou entre le niveau (N) et la sonde 22.  
35 Mais quelle que soit la dénivellation " $\Delta h$ ", on peut en



tenir compte dans un pré-réglage des sondes de mesure pour éliminer un tel faible écart de mesure entre  $T_1 (0)$  et  $T_2 (0)$  à la fin de la mise en froid de l'installation de pompage.

- 5 Une fois détectée cette égalité pratique des températures  $T_1 (0)$  et  $T_2 (0)$ , la pompe 2 est mise en fonctionnement, ce qui a pour effet de faire apparaître un certain écart de température entre les températures mesurées par les sondes 21 et 22. En effet, si la température  $T_2 (0)$  mesurée par la sonde 22 reste sensiblement constante, dans 10 la mesure où la pression  $P_0$  de la phase vapeur (V) du réservoir 1 est elle-même constante, au contraire la température  $T_1 (0)$  mesurée par la sonde 21 chute nettement, car le liquide cryogénique prélevé au fond du réservoir 1 est 15 normalement quelque peu sous-refroidi par rapport à la température  $T_0$  au niveau de l'interface liquide-vapeur (N), du fait de l'existence d'un gradient thermique entre le fluide au fond et à la surface de la phase liquide (L), le cas échéant renforcé transitoirement par une mise en pression 20 plus élevée par le circuit auxiliaire de mise en pression rapide 16.

- Si les conditions du sous-refroidissement naturel, ou artificiellement provoqué, du liquide prélevé en 6 hors du réservoir 1, d'ailleurs quelque peu diminuées par les 25 pertes de charges ( $\Delta p$ ) subies dans la canalisation d'aspiration 4, sont telles que l'écart de températures  $\Delta t$  entre la température  $T_2 (0)$  et la température "dynamique"  $T_1 (d)$  à l'aspiration de la pompe 2, à la fin d'une brève période transitoire de rééquilibrage, est supérieure à la valeur 30 requise du  $NPSH_{(p)}$  de la pompe 2, la pompe 2 peut continuer à fonctionner, sinon elle doit s'arrêter et les conditions de son fonctionnement doivent être réexaminées. Dans les cas où un début de fonctionnement correct de la pompe est confirmé, on continue de détecter, dans le temps, l'écart 35 de températures entre  $T_2 (0)$  et  $T_1 (d)$  et si cet écart tend

- à se réduire, ce qui est normal ne serait-ce par la réduction de pression due à la diminution de la hauteur hydrostatique  $H$  du liquide dans le réservoir, passage de  $M_2 (0)$  à  $M'_2 (0)$  et  $M_1 (d)$  à  $M'_1 (d)$ , on rétablit cet écart minimal de températures par la mise en service du dispositif de surpression rapide 16 (ouverture de la vanne 18), ce qui a pour effet d'accroître la pression  $P_0$  (passage de  $M'_2 (0)$  à  $M''_2 (0)$  et  $M'_1 (d)$  à  $M''_1 (d)$ ), de sorte que les pressions et température d'équilibre dans le clapet 24 sont corrélativement accrues, l'écart des températures entre  $T''_2 (0)$  et  $T_1 (d)$  restent maintenues à une valeur supérieure au NPSH requis par la pompe).

REVENDICATIONS

1. - Procédé de transfert de liquide cryogénique d'un réservoir de stockage (1) incorporant une phase liquide (L) en présence d'une phase vapeur sous pression (V),
- 5 selon lequel on transfère un courant dudit liquide prélevé (6) en cuve dudit réservoir (1), vers une pompe cryogénique (2), refoulant dans une canalisation de distribution (8), avec renvoi (13-14) dans ladite phase vapeur (V) de réservoir des évaporations produites au cours de la mise
- 10 en froid et/ou du transfert, avec, si besoin est, accroissement artificiel (en 16-17-18) de la pression de la phase vapeur (V) par introduction régulée d'un gaz, et où une mise en froid des moyens de transfert et de la pompe est assurée par envoi de liquide cryogénique prélevé du réservoir
- 15 (1) vers la pompe (2) à l'état inopératif, caractérisé par les dispositions et étapes opératoires suivantes :
- a) On ménage une première sonde thermométrique (21) au voisinage immédiat de l'aspiration de la pompe (2) et une
- 20 seconde sonde thermométrique (22) en bas d'un boîtier à clapet (23) de reconstitution d'un état d'équilibre liquide-vapeur à partir de liquide prélevé dudit réservoir (1) ;
- b) On aménage des structures (4-4a-4b-28-27) d'écoulement de liquide cryogénique vers lesdites sondes (21-22) assurant une différenciation des vitesses de refroidissement à l'endroit des dites sondes (21-22) ;
- 25 c) On détecte la fin de mise en froid par l'égalité substantielle des températures du liquide cryogénique des dites première et seconde sondes (21-22) ;
- 30 d) On provoque une mise en opération de ladite pompe (2) et l'on maintient ladite opération seulement si une différence apparaît, après un bref laps de temps, entre les températures des première et seconde sondes (21-22), qui est supérieure à la "hauteur pratique de charge absolue"
- 35 (ou NPSH) de ladite pompe (2), sinon on provoque l'arrêt

de ladite pompe ;

- e) On surveille en permanence la bonne opération de la pompe par la valeur de l'écart entre les températures des dites première et seconde sondes (21-22) que l'on maintient le cas échéant au-dessus de ladite "hauteur pratique de charge absolue" (ou NPSH) par des accroissements artificiels de la pression de ladite phase gazeuse.

2. - Procédé de transfert selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure d'écoulement du liquide cryogénique vers la seconde sonde (22) est conçue pour assurer un refroidissement de ladite seconde sonde (22) plus lent que la première sonde (21).

3. - Procédé de transfert selon la revendication 2, caractérisé en ce que la vitesse de refroidissement plus lente de la seconde sonde (22) est assurée par un trajet (4-28-27) du liquide cryogénique depuis le réservoir (1) jusqu'à la seconde sonde (22) qui est plus long que le trajet (4) du réservoir (1) à la première sonde (21).

4. - Procédé de transfert selon la revendication 2, caractérisé en ce que la vitesse de refroidissement plus lente de la seconde sonde (22) est assurée en faisant passer (via 28-27) au moins une partie des évaporations résultant de la mise en froid de la pompe (2) à l'endroit de ladite seconde sonde (22).

5. - Dispositif de transfert de liquide cryogénique d'un réservoir de stockage (1), incorporant une pompe cryogénique (2) raccordée par canalisation (4, 4a, 4b) en cuve (6), d'un réservoir (1) caractérisé par une première sonde thermométrique (21) au voisinage de l'aspiration de la pompe (2) et d'une seconde sonde thermométrique (22) au niveau d'un clapet (23) à flotteur (24) coopérant avec un orifice supérieur (26).

6. - Dispositif de transfert de liquide cryogénique selon la revendication 5, caractérisé en ce que le cla-

pet (23) est raccordé à la canalisation d'aspiration 4a de la pompe (2).

5        7. - Dispositif de transfert selon la revendication 6, caractérisé en ce que le clapet 23 est raccordé par syphon (28) à une conduite d'aspiration 4a de la pompe (2).

10       8. - Dispositif de transfert selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'orifice (26) de clapet (23) débouche dans une conduite de raccordement (30) en un point haut (15) du réservoir (1).

1/2

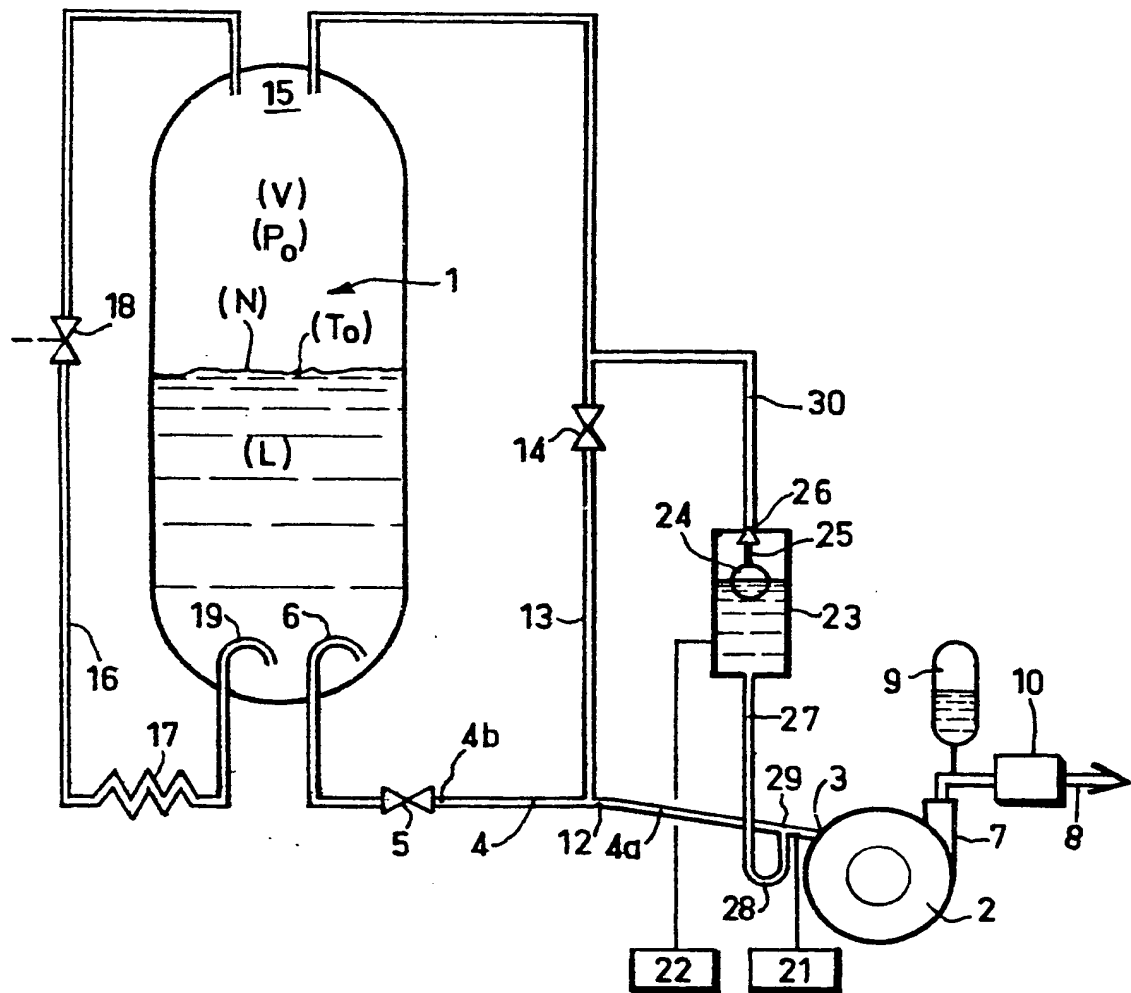


FIG.1

2/2

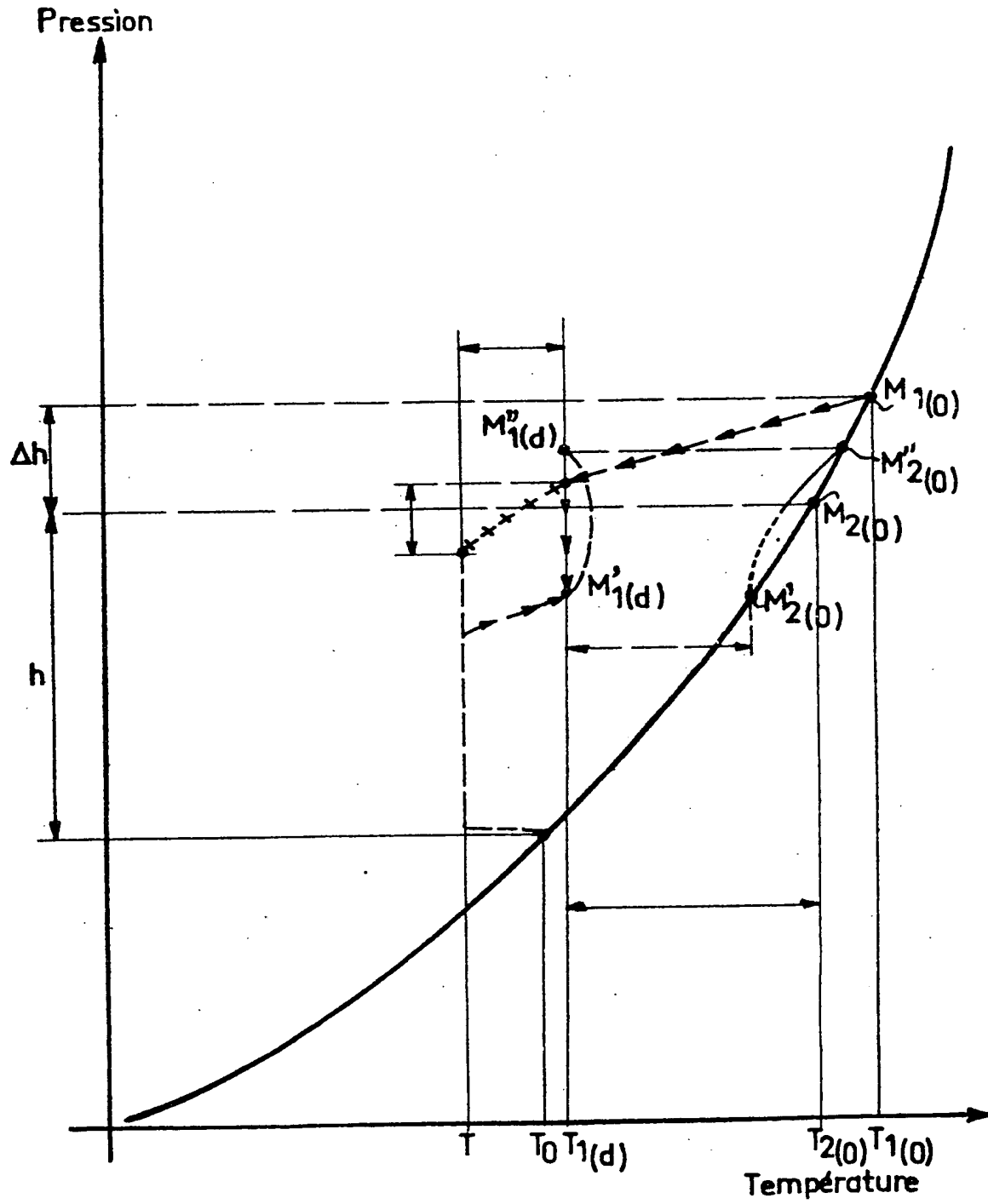


FIG.2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**